

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Релейная защита и автоматика схемы электроснабжения Казанского нефтегазоконденсатного месторождения

УДК 621.316.925.1:621.31.031:622.279.59 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Валиев Т.Т.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Копьев В.Н.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
Уровень образования Магистр
Кафедра Электроэнергетических систем
Период выполнения весенний семестр 2016 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.16г.	Глава 1. Конфигурация, характеристика элементов схемы электроснабжения Казанского НГКМ.	7
10.03.16г.	Глава 2. Принятие предварительных проектных решений	6
10.04.16г.	Глава 3. Обоснование варианта выбранной релейной защиты объектов Казанского НГКМ.	7
18.04.16г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	7
19.04.16г.	Раздел «Социальная ответственность»	7
15.05.16г.	Раздел на иностранном языке «Recloser's»	6

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Копьев В.Н.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, с готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологии, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, оптимизировать работу персонала и фондов оплаты труда: определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами: организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования: составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 102 с., 17 рис., 19 табл., 9 источников, 3 прил.

Ключевые слова: двухобмоточный трансформатор, линия, дифференциальная токовая защита, максимальная токовая защита, токовая отсечка, цифровая защита, микропроцессорная защита, комплект защит.

Цель работы: проектирование микропроцессорной РЗ для Казанского нефтегазоконденсатного месторождения ОАО «Томскгазпром».

Объект работы: релейная защита района Казанского нефтегазоконденсатного месторождения ОАО «Томскгазпром».

Предмет исследования: выбор и расчет уставок релейной защиты всех частей автономной энергосистемы.

Практическая новизна состоит в расчете уставок, параметров срабатывания устройств релейной защиты, на базе НПП ЭКРА, с помощью комплекса программ АРМ СРЗА и использовании современных методических указаний.

Практические результаты работы могут быть использованы в качестве основы для расчета уставок на месторождении.

Реализация и апробация работы. По ходу выполненной работы будут выявляться результаты и особенности.

Обозначения и сокращения

РЗ – релейная защита;

РЗА – релейная защита и автоматика;

ТТ – трансформатор тока;

ТН – трансформатор напряжения;

Т – трансформатор;

ДЗТ – дифференциальная защита трансформатора;

КЗ - короткое замыкание;

УРОВ - устройство резервирование отказа выключателя;

МТЗ – максимальная токовая защита;

ТО – токовая отсечка;

АПВ - автоматическое повторное включение;

ВЛ - воздушная линия электропередачи;

ЗП - защита от перегрузки;

НН - низшее напряжение;

АУВ – автоматика управления выключателем;

РТ – реле тока;

ВЧ – высокочастотный канал;

ВН – высшее напряжение;

ГЗ – газовая защита;

РПН – регулирование под нагрузкой;

АРКТ – автоматическое регулирование коэффициента трансформации;

АС – провод из алюминиевых проволок и стального сердечника;

Оглавление

Реферат.....	6
1 Конфигурация, характеристика элементов схемы электроснабжения Казанского НГКМ.	10
1.2 Формирование района автономной энергосистемы с точки зрения релейной защиты.....	10
2 Принятие предварительных проектных решений.....	11
2.1 Принятие решений по составу РЗА	11
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	18
4.1 Потребители результатов исследования	18
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	20
4.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ	22
4.2.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования	23
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	26
4.3.1 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение для научных (экспериментальных) работ.....	26
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	27
4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	27
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	28
4.3.5 Накладные расходы	29
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	29
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования	30
6. Специальный вопрос.Reclosers	34

Введение

Электроэнергетической системой (ЭС) называется электрическая часть энергосистемы, а также питающиеся от нее приемники электроэнергии, предназначенные для производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии [2].

При функционировании частей электроэнергетической системы могут возникнуть возмущения или аварии (короткие замыкания, обрыв проводов, грозовые фронты, не компетентность обслуживающего персонала и т.д.), впоследствии которых возможно нарушение стабильной работы системы, выхода из строя их частей. В соответствии с Международным стандартом «Защита энергетических систем» IEC 50(448) «защитой является совокупность устройств, предназначенных для обнаружения повреждений или других аномальных режимов в энергосистеме, отключения повреждения, прекращения аномальных режимов и подачи команд или сигналов». Важнейшим элементом защиты является реле, которое предусмотрено срабатывать при заданных условиях. Устройством защиты является устройство, состоящее из совокупности отдельных измерительных реле и логических элементов, предназначенных для выполнения предусмотренных функций при возникновении повреждений в ЭС.

Релейную защиту (РЗ) можно рассматривать как управляющую систему, которая в общем случае получает информацию о токах, напряжениях и состоянии коммутационных элементов в отдельных пунктах ЭС. В результате обработки этой информации РЗ вырабатывает управляющие сигналы для выключателей (команды отключения), а также различные сообщения, позволяющие фиксировать или анализировать процессы, протекающие в ЭС, и функционирование самой РЗ [3]. Ни один силовой элемент не может эксплуатироваться без РЗ, поэтому разработка РЗ для всех компонентов электроэнергетической системы (ЭЭС) является приоритетной задачей.

Релейная защита должна отвечать требованиям «Правил устройства электроустановок» [6], которые предъявляются ко всем устройствам релейной защиты: быстродействия, селективности, резервирования, надежности и чувствительности [4].

1 Конфигурация, характеристика элементов схемы электроснабжения Казанского НГКМ.

Томская область расположена на территории 314,4 тыс. кв. км, где проживает 1,064 млн. человек. В управлении и ведении Филиала ОАО «СО ЕЭС» Томское РДУ находятся объекты генерации установленной электрической мощностью 1019,9 МВт. Наиболее крупными из них являются: Томская ГРЭС-2 и Томская ТЭЦ-3 ОАО «ТГК-11», а также ТЭЦ Сибирского химического комбината (ТЭЦ ОАО «СХК»).

В электроэнергетический комплекс Томской области входят также 2 линии электропередачи класса напряжения 500 кВ, 33 линии электропередачи класса напряжения 220 кВ, 128 линий электропередачи класса напряжения 110 кВ, 108 трансформаторных подстанций и распределительных устройств электростанций напряжением 110 кВ и выше суммарной мощностью трансформаторов 10511,3 МВА.

По отчетным данным за 2015 год, выработка электроэнергии электростанциями операционной зоны Томского РДУ составила 3,76 млрд кВт•ч, электропотребление – 8,55 млрд кВт•ч.

Это лишь часть, многие территории томской области не могут получать централизованную электроэнергию, речь идет о местах болотистой местности и условиях приближенных к крайнему северу. В таких случаях прибегают к автономной электростанции, дизельной или газовой.

На месторождениях отдаленных от сетей ФСК ЕЭС устанавливают газовые и дизельные агрегаты мощностью от 1 МВт до 32 МВт. Главная причина установки: утилизация попутного газа, подготовка его к свойствам топливного газа для агрегатов.

Казанское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Парабельском районе Томской области Российской Федерации, в 325 километрах к северо-западу от областного центра Томска. Другие ближайшие населенные пункты – это поселок Пудино и город Кедровый.

В приложении А приведена схема электроснабжения месторождения.

1.2 Формирование района автономной энергосистемы с точки зрения релейной защиты

Объектами для проектирования релейной защиты являются: все объекты 35 кВ и 6 кВ Казанского нефтегазоконденсатного месторождения.

Так как энергосистема является автономной, не имеющим связи с сетями ФСК ЕЭС, расчет уставок и определение чувствительности уставок является

максимально приближенными, так как все периферии являются защищаемыми объектами.

В приложении Б представлена расчетная схема рассматриваемого района

2 Принятие предварительных проектных решений

2.1 Принятие решений по составу РЗА

В соответствии с [1] для линий в сетях 3-35 кВ с изолированной нейтралью должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

На параллельных линиях, имеющих питание с двух или более сторон, как правило, должна устанавливаться двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки, а вторая - в виде максимальной токовой защиты с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени. Для ускорения отключения повреждения, особенно при использовании токовых ступенчатых защит или ступенчатых защит тока и напряжения, на линиях с двусторонним питанием может быть применена дополнительно защита с контролем направления мощности в параллельной линии. Эта защита может быть выполнена в виде отдельной поперечной токовой направленной защиты или только в виде цепи ускорения установленных защит (максимальной токовой, дистанционной) с контролем направления мощности в параллельной линии. [1]

Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена в виде:

- селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на сигнал;
- селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на отключение, когда это необходимо по требованиям безопасности; защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;
- устройства контроля изоляции; при этом отыскание поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами; допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений. Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена, как правило, с использованием трансформаторов тока нулевой последовательности. Защита в первую очередь должна реагировать на установившиеся замыкания на землю; допускается также применение устройств, регистрирующих кратковременные замыкания, без обеспечения повторности действия. [1]

Проектом было заложено выполнение защит:

- основная: МТЗ-1,2
- резервная: ЗОЗЗ.

В соответствии с [1] для защиты трансформаторов должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от следующих видов повреждений и ненормальных режимов работы:

1. многофазных замыканий в обмотках и на выводах;
2. однофазных замыканий на землю в обмотке и на выводах, присоединенных к сети с глухо-заземленной нейтралью;
3. витковых замыканий в обмотках;
4. токов в обмотках, обусловленных внешними КЗ;
5. токов в обмотках, обусловленных перегрузкой;
6. понижения уровня масла.

На современном рынке терминалов защит представлено большое количество фирм производителей. Из-за санкций и прочих условий, зарубежные фирмы отходят на задний план, и предпочтение отдается отечественному производителю. В данном проекте выбраны были терминалы защит производства НПП ЭКРА.

Для защиты линий 6-35 кВ были выбраны терминалы защит серии БЭ2502 А0103, которые предназначены для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации линии.

В качестве основной защиты максимальная токовая защита, выполненная в виде 3-х ступенчатой защиты от междуфазных повреждений. Так же в качестве основной, выполняется защита от дуговых замыканий внутри отсека выключателя, кабельном вводе и шинном отсеке.

В качестве дополнительной или резервной защиты, защита от однофазных замыканий на землю, которая реализована одним из способов:

- по тройному току нулевой последовательности основной частоты,
- по тройному напряжению нулевой последовательности,
- по току и напряжению и взаимному направлению тройного тока и тройного напряжения нулевой последовательности.[8]

Принцип действия максимальной токовой защиты основан на фиксации увеличения тока при возникновении короткого замыкания. Для обеспечения селективности в схемах с односторонним питанием выбирают разные выдержки времени, тем самым выполняя одно из требований к релейной защите.[9] С целью

отстройки от пусковых токов двигательной нагрузки предусматривается режим работы защиты с заглублением уставки на время работы реле ускорения.

Принцип действия ЗОЗЗ основан на возникновении тока, напряжения или тока и напряжения нулевой последовательности, полученный от трансформатора тока нулевой последовательности, и сравнении его с заданной уставкой. [8]

Для защиты КЛ и гибкой ошиновки ввода от газотурбинных агрегатов и трансформаторов, соответственно, приняты терминалы защит БЭ2502А 0303А, которые предназначены для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации рабочих и резервных вводов.

Основная защита ввода:

- максимальная токовая защита. Имеет три ступени: первая – МТЗ-1 или токовая отсечка. Вторая – МТЗ-2 с независимой времятоковой характеристикой и третья – МТЗ-3 с независимой или зависимой времятоковой характеристикой, также предусмотрена ступень МТЗ для ЛЗШ.

Резервная защита:

- ЗОЗЗ реализована с контролем тройного напряжения нулевой последовательности.

Секционирование на объектах месторождения осуществляется через шинный мост или кабельную линию через токоограничивающий реактор. Для защиты элементов секционирования принят терминал защит серии БЭ2502А0201 производства ЭКРА.

В качестве основной защиты МТЗ и ЛЗШ, резервная защита ЗНР.

Принцип действия ЛЗШ основан на фиксации тока и напряжения, в случае ЛЗШ с пуском по напряжению, при КЗ на секции шин. Исполнительный орган ЛЗШ при КЗ блокируется в случае пуска МТЗ одной из фидерных защит. Если пуска МТЗ фидерных защит не образовано – это означает что повреждение на секции шин, то исполнительный орган ЛЗШ подает команду на отключение выключателя вводной ячейки.

ЗНР реализована сравнением отношения модуля тока обратной последовательности к модулю тока прямой последовательности. [8]

Для защиты трансформаторов напряжения, а также секций шин предусмотрен терминал защиты серии БЭ2502А0402, выполняющий следующие функции защит, исполнительных органов и автоматики:

- трехступенчатую ЗМН,

- ЗПН,
- ЗОЗЗ,
- контроль исправности ТН,
- АЧР.

Защита минимального напряжения выполнена трехступенчатой, каждая из ступеней срабатывает при снижении всех трех напряжений ниже уставок. Выдержки времени позволяет выполнить защиту ступенчатой. [8]

Защита от повышения напряжения срабатывает при повышении хотя бы одного из напряжений и возвращается в исходный режим при снижении всех трех напряжений ниже уставки ЗМН. [8]

В устройстве реализованы две ступени АЧР и ЧАПВ. Каждая из ступеней АЧР срабатывает при снижении частоты напряжения прямой последовательности ниже уставки. Устройство формирует сигнал для ЧАПВ при срабатывании любой из очередей АЧР-1 или АЧР-2 и последующем срабатывании исполнительного органа повышения частоты. [8]

Для защиты синхронных двигателей, установленных на БКНС-2, предусмотрен терминал защит серии БЭ2502А0701, со следующими функциями:

- трехступенчатая МТЗ от междуфазных повреждений,
- ЗОЗЗ,
- защита от термической перегрузки,
- защита от потери нагрузки,
- защита от асинхронного хода,
- защита от обратной мощности,
- защита от несимметричного режима,
- защита минимального напряжения,
- ОАПВ,
- УРОВ,
- функция ограничения количества допустимых за час пусков,
- функция ограничения минимального времени между пусками.

Защита от термической перегрузки.

Нагрев электродвигателя определяется по тепловой модели, определенной дифференциальным уравнением (1):

$$d\Theta = \left(\frac{I^2_{\max} + k \cdot I_2^2}{I^2_{\text{раб}}} - \Theta \right) \cdot \frac{dt}{T}, \quad (1)$$

Где Θ - текущий нагрев, выраженный относительно нагрева при длительном протекании рабочего тока;

I_{\max} - текущее значение максимального фазного тока;

I_2 - текущее значение тока обратной последовательности;

k - коэффициент, учитывающий влияние тока обратной последовательности на нагрев двигателя;

$I_{\text{РАБ}}$ - максимальный рабочий ток электродвигателя с учетом перегрузки;

T – постоянная времени.

Если исполнительный орган реле тока работа двигателя находится в сработавшем состоянии, то постоянная времени принимается равной постоянной времени нагрева. Если реле тока работа двигателя находится в несработавшем состоянии, то постоянная времени принимается равной постоянной времени охлаждения.

Предупредительная ступень тепловой модели сигнализирует о недопустимом перегреве электродвигателя. Отключающая ступень тепловой модели действует на отключение электродвигателя. [8]

Защита от потери нагрузки.

Защита от потери нагрузки срабатывает, если двигатель находится в работе, но максимальный из фазных токов меньше уставки по току срабатывания в течение заданного времени. [8]

Защита от обратной мощности.

Защита от обратной мощности действует на отключение электродвигателя, если в течение заданного времени от электродвигателя на шины поступает активная мощность превышающая уставку. [8]

Защита от асинхронного хода.

Защита от асинхронного хода действует на отключение электродвигателя, если в течение заданного времени от электродвигателя на шины поступает реактивная мощность превышающая уставку. [8]

Для защиты силовых трансформаторов предусмотрен шкаф основных защит трансформатора серии ШЭ2607.

Характеристики шкафа.

Дифференциальная защита трансформатора – ДЗТ.

ДЗТ имеет два входа для подключения к двум трехфазным трансформаторам тока сторон ВН 1, НН 1.

Обеспечена возможность подключения токовых цепей ДЗТ к ТТ, соединенным по схеме звезда независимо от группы соединения защищаемого трансформатора.

ДЗТ выполнена в виде двухканальной дифференциальной токовой защиты, содержащей чувствительное реле и отсечку.

Дифференциальная отсечка предназначена для обеспечения надежной работы при больших токах повреждения в зоне действия защиты. Отсечка отстраивается от броска тока намагничивания по уставке.

ДЗТ обеспечивает защиту от всех видов коротких замыканий внутри бака и выполнена в виде двухканальной дифференциальной токовой защиты, содержащей чувствительное реле и отсечку. Чувствительное реле ДЗТ имеет токозависимую характеристику с уставкой по начальному току срабатывания. Дифференциальная отсечка предназначена для обеспечения надежной работы при больших токах повреждения в зоне действия защиты.

Для отстройки ДЗТ от бросков токов намагничивания контролируется уровень второй гармоники в дифференциальном токе.

МТЗ на всех сторонах трансформатора выполняется в трехфазном исполнении и содержит: реле максимального тока, при этом МТЗ НН1 и МТЗ НН2 имеют две ступени; реле выдержки времени для действия на различные выключатели всех сторон трансформатора; пусковые органы низшего напряжения, реагирующие на уменьшение междуфазных напряжений и на увеличение напряжения обратной последовательности.

Функция УРОВ реализует принцип индивидуального устройства, причем возможно выполнение универсального УРОВ как по схеме с дублированным пуском, так и по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя.

АПВ обеспечивает однократное автоматическое повторное включение выключателя. Пуск АПВ реализован без контроля напряжений на шинах («слепое» АПВ).

Автоматический регулятор коэффициента трансформации осуществляет автоматическое поддержание напряжения в заданных пределах и ручное регулирование напряжения, блокировку работы РПН при обнаружении неисправности привода РПН, блокировку РПН от внешних сигналов.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Предметом исследования в данной работе является устройство противоаварийной автоматики, обеспечивающие восстановление параметров энергосистемы при возникновении аварийных ситуаций. Для достижения минимальных затрат при исследовании и внедрении продукции сформулируем задачи данного раздела:

- инициализация проекта и потребители результатов исследования;
- сравнение разных фирм производителей микропроцессорных устройств;
- определение структуры работы, трудоемкости и разработка линейного графика работ в рамках научного исследования;
- расчет бюджета научно-технического исследования (материальных затрат, заработной платы сотрудников и т.д);
- определение экономической эффективности исследования.

4.1 Потребители результатов исследования

Единственным потребителем данного исследования является ОАО «Томскгазпром», хозяйством которого является объект исследования, линия 35 кВ. В дальнейшем результаты исследования будут использоваться участком релейной защиты и автоматики как основа для расчета установившихся режимов, уставок защит и токов короткого замыкания. Для начала проведем анализ конкурентных технических решений для идентификации наилучших микропроцессорных устройств.

Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в табл. 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров.

Таблица 7. Анализ конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{к2} ЭК РА	Б _{к1} БМ РЗ	Б _ф Siemens	К _{к2}	К _{к1}	К _ф
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	3	1	3	0,15	0,05	0,15
3. Надежность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
4. Безопасность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
5. Потребность в ресурсах памяти	0,01	1	3	5	0,01	0,03	0,05
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,01	3	4	5	0,03	0,04	0,05
7. Простота эксплуатации	0,05	5	5	2	0,25	0,25	0,1
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Цена	0,1	5	3	1	0,5	0,3	0,1
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	3	4	5	0,21	0,28	0,35
4. Финансирование научной разработки	0,02	5	5	5	0,1	0,1	0,1
5. Срок выхода на рынок	0,02	4	4	5	0,08	0,08	0,1
6. Наличие сертификации разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Итого	1	63	60	64	4,15	4,08	4,18

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, выявлено: шкафы ЭКРА являются самым практичным и удобным вариантом для Российского потребителя, в условиях импорта замещения. Также заметно отличается уровень качества при стандартном наборе определяющих параметров, и самим набором свойств (защит).

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.

Таблица 8. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель проекта
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Построение макетов (моделей)	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Проведение ОКР			
Контроль и координирование проекта	9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель проекта
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.2 Разработка графика проведения научно-технического исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 9)

Таблица 9. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	tmin, чел-дни		tmax, чел-дни		$t_{ож\acute{e}i}$, чел-дни							
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Разработка технического задания	1		3		1,8	0	+		1,8	0	2,196	0
Выбор направления Исследований	1	2	3	4	1,8	2,8	+	+	1,8	2,8	2,196	3,416
Теоретические исследования					0	7					0	8,54
		5		10				+	0	7		
Обобщение и оценка результатов		4		7	0	5,2		+	0	5,2	0	6,344
Контроль и координирование проекта	5		8		6,2	0	+		6,2		7,564	0
Разработка технической документации и проектирование		6		9	0	7,2		+	0	7,2	0	8,784
Изготовление и испытание макета (опытного образца)		4		8	0	5,6		+	0	5,6	0	6,832
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по		2		4	0	2,8		+	0	2,8	0	3,416

Пример расчета:

$$t_{ожи} = \frac{3*1 + 2*3}{5} = 1.8 \text{ чел-дни} - \text{Значения трудоемкости}$$

$$T_{pi} = \frac{1.8}{1} = 1.8 \text{ дней} - \text{Продолжительность работы}$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.47 - \text{Коэффициент календарности}$$

$$T_{ki} = 1,8 * 1,48 = 2.664 \text{ дней} - \text{Календарные дни}$$

Для наглядности строится график для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

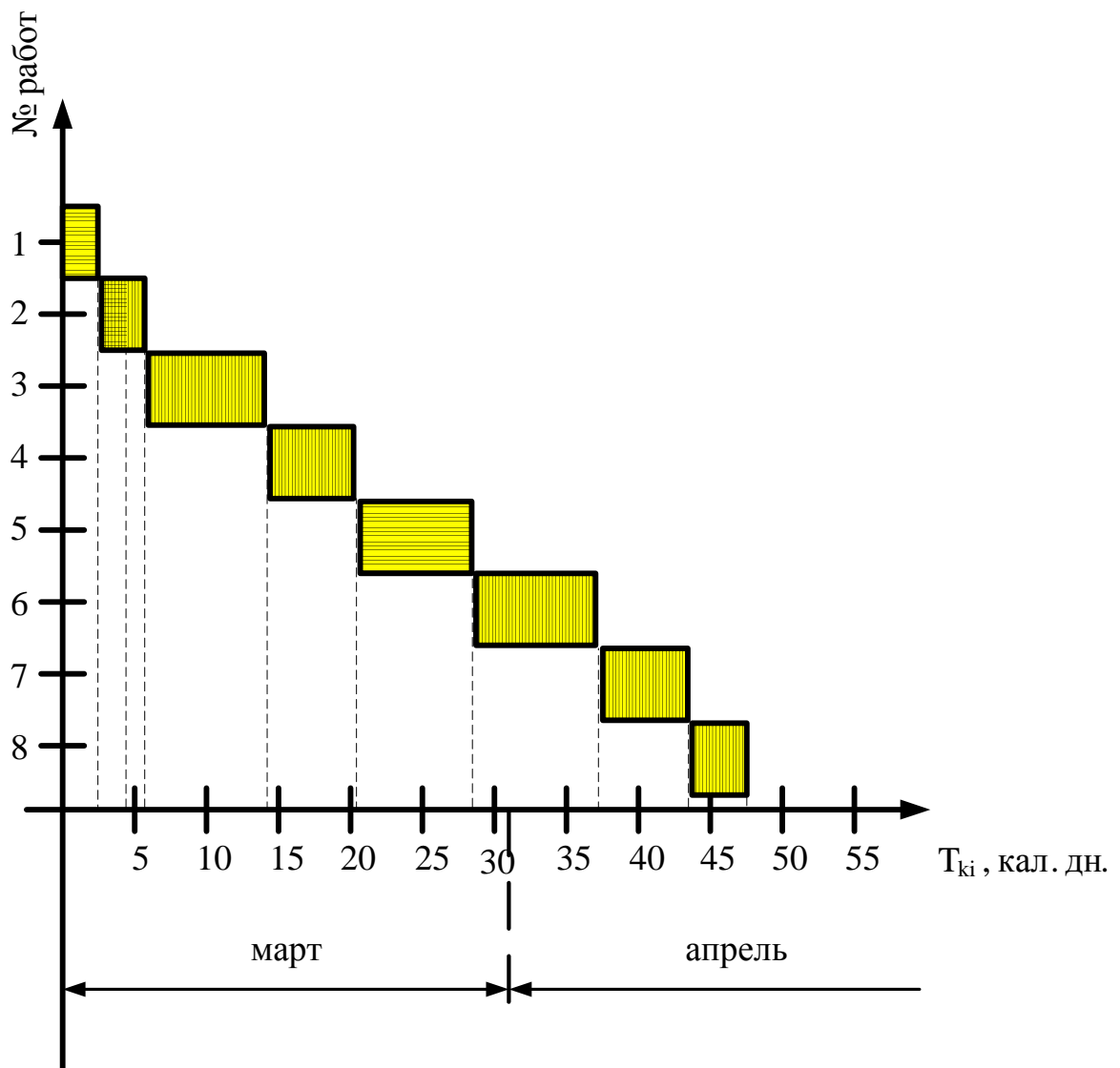





Рисунок 12 – Календарный график проведения научного исследования по теме

Где

-  – руководитель;
-  – инженер;
-  – руководитель и инженер.

В заключении стоит заметить, что на выполнение ВКР отведено меньшее время, чем обычно. Связано это с тем, что исполнитель работает в данной специальности и выполнение ВКР занимает намного меньшее время.

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ, в том числе работа в ПК АРМ СРЗА;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

$$A_{\text{комп}} = \frac{1 \cdot \text{Стоимость_техники} \cdot \text{Кол-во_дней}}{5 \cdot 365} = 684$$

, где стоимость техники: стоимость персонального компьютера, кол-во дней: 50 дней, время использования.

4.3.1 Расчет затрат на оборудование и программное обеспечение для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

$$A_{\text{комп}} = \frac{1 \cdot \text{Стоимость_ПО} \cdot \text{Кол-во_дней}}{5 \cdot 365} = 18904$$

где стоимость ПО: стоимость лицензии Microsoft Office и программного комплекса АРМ СРЗА, кол-во дней: 50 дней, время использования.

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн_руководителя}} = \frac{З_{\text{м}}}{21} = \frac{23456}{21} = 1116,9 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн_дипломника}} = \frac{З_{\text{м}}}{21} = \frac{8452}{21} = 402,5 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл 10.

Таблица 10. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Зтс, руб.	кпр	кд	кр	Зм, руб.	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	IV	22000	0,3	0,2	1,3	42900	2042,9	29	59244,1
Инженер	I	8000	0,3	0,2	1,3	15600	742,9	63	46802,7
Итого									106046,8

4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Руководитель

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 59244 = 8886,6$$

Инженер

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 46802,7 = 7020,4$$

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Величина отчислений инженера во внебюджетные фонды, руб.:

$$З_{внеб} = 0,271 \cdot (46802,7 + 7020,4) = 14586,1$$

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 11).

¹ Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Таблица 11. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
	Исполнитель 1	Исполнитель 2
Руководитель	59244,1	8886,6
Инженер	46802,7	7020,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	33049,5	

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 - 4) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы, руб.:

$$Z_{\text{накл}} = (684 + 106046,8 + 15907 + 33049,5) \cdot 0,16 = 24910$$

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Табл.12 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля от бюджета, %
	Исполнитель 1	
1. Материальные затраты НИ	684	0,38
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	106046,8	58,7
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15907	8,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	33049,5	18,3
5. Накладные расходы	24910	13,82
6. Бюджет затрат НИ	180597,3	100

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad ()$$

Где

$I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в том числе налоги).

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{180641,4}{180641,4} = 1$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{144513,1}{180641,4} = 0,8$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i \quad ()$$

Где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проводим в форме таблицы 13.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Объект исследования	
		Исполнитель 1	Исполнитель 2
1) надежность	0,2	5	4
2) универсальность	0,2	4	5
3) уровень материалоемкости	0,15	4	5
4) функциональная мощность	0,2	5	4
5) ремонтпригодность	0,1	5	5
6) энергосбережение	0,15	4	5
Итого	1	4,65	3,8

Проводим расчет для каждого варианта исполнения:

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп1} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

$$I_{исп2} = \frac{4,6}{0,8} = 5,75$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}$$

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исполнитель 1	Исполнитель 2
1) интегральный финансовый показатель разработки	1	0,8
2) интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,6
3) интегральный показатель эффективности	4,5	5,75
4) сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,78	1

В данном разделе было произведено планирование научно-исследовательских работ. В ходе работы была сформирована группа и сформулированы этапы выполнения последовательных работ. Затем был произведен расчета бюджета научно-технических исследований. В итоге, для проведения научного исследования необходимо 180597,3 руб.

Эффект от проведения данного исследования: получение и дальнейшее использование результатов в деятельности участка релейной защиты и автоматики ОАО «Томскгазпром», касаясь расчета установившихся режимов, токов короткого замыкания, расчета уставок.

Список использованной литературы

1. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
2. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
3. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
4. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

6. Специальный вопрос. Reclosers

1 Introduction

It is planned to install reclosers on 6 kV lines on the Kazanskoe deposit. The section concerns device and lines settings calculation of the reclosers.

A recloser is a protection device for electrical line. It combines a circuit breaker that trips if an overcurrent is detected (indicating a short circuit somewhere in a section of the network), with an electronically-controlled reclosing function that automatically restores power to the affected line if the fault clears itself quickly – which usually happens around 80 percent of the time. [5]

Installation of the recloser allows to reduce the activation time of head protection line protection thereby increase its sensitivity. For this invent, the installation of reclosers is planned in the points of the line, where a sensitivity coefficient is greater than or equal to 1.5. The installation of reclosers reduces the area of reservation of the subsequent protection. [5]

Outdoor circuit breakers have the following advantages:

- 1. Environmental friendly:** all the reclosers have air insulated outdoor circuit breaker. The combined insulation makes them the environmentally friendly option. [2]
- 2. Lowest weight:** this was achieved by vacuum circuit breaker and the aluminium tank. Consequently shipment, handling and installation are simplified to the greatest extent. [2]
- 3. Highest Availability:** 30,000 C-O operations with rated current and 200 operations with full short circuit breaking current without any maintenance. [2]
- 4. Optimized Measurement:** all OSM are equipped with voltage sensors in all six bushings to measure each of 3-phase voltages on both recloser sides. Non-saturable Rogowski coils in all 6 bushings guarantee high accuracy over a wide measurement range. They measure 3-phase currents and residual current simultaneously. [1]

Fig 1 shows general arrangement of the reclosers.

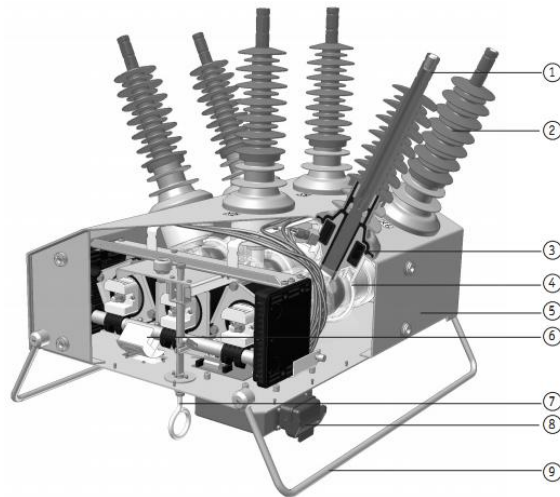


Figure 14 - general arrangement of the recloser

1. Terminal
2. Six HV silicon bushings
3. Current sensors built into the bushings
4. Vacuum circuit breaker
5. Protective tank
6. Mechanical position indicator
7. Manual trip operation mechanism
8. Protective lid with Harting connector
9. Support rail

Installation

There are two versions of reclosers installation:

One-pillar:

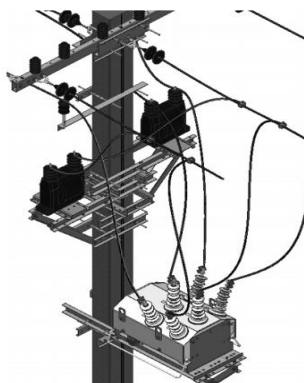


Figure 15 – One pillar recloser installation

Two pillar installation:

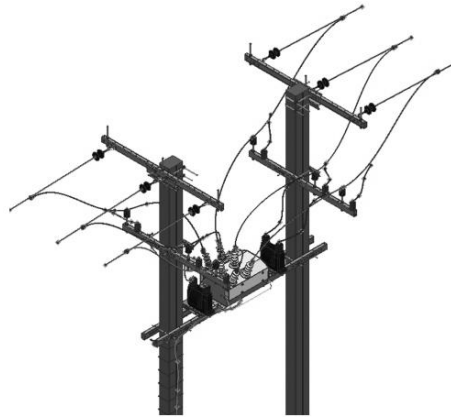


Figure 16 – Two pillar installation

Vacuum Circuit Breaker

Vacuum circuit breaker (VCB) has simplified mechanical structure. It uses three single-coil magnetic actuators, one per pole. All switching elements of a pole are assembled along a single axis. [2] All mechanical movements are therefore direct and linear. Three actuators are mounted in a steel frame and mechanically linked by a synchronizing shaft. [1]

Failure of critical components, such as

- mechanical latching
- gears, chains, bearings and levers
- tripping and closing coils
- motors to charge springs

is completely avoided.

Maximizing the benefits of the drive mechanism requires vacuum interrupters that combine small dimensions with an extraordinary long mechanical and electrical lifespan. The use of a predefined axial magnetic field shape provides even distribution of current density and consequently substantial improvement of vacuum interrupting performance. Carefully selected contact material and expert contact design as well as optimized movement and switching speed result in bounce-free closing. [2]

Figure 4 shows the vacuum circuit breaker:

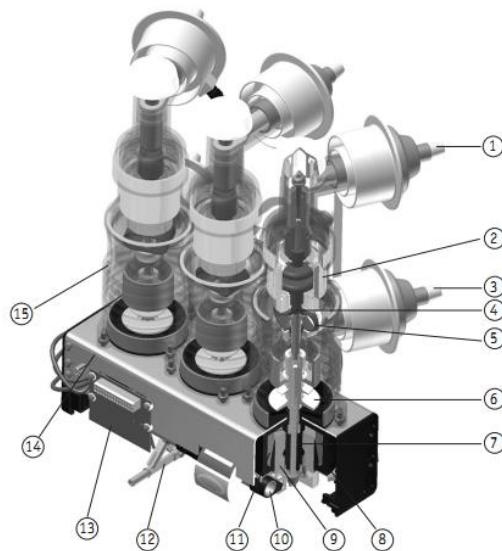


Figure 17 - View into the vacuum circuit breaker

Closing

Closing operation is possible only if manual trip hook is in upper position. Contacts are kept in Open position by the force of the opening springs. To close the contacts the coils of the magnetic actuators are excited by a current impulse of the close capacitors of the CM. As a result the contacts close. At the same time the opening springs are compressed. In the close position the contacts are kept closed by means of the magnetic force only. The SM maintains the closed position without mechanical latching also in case of a failure of the auxiliary power supply. [2]

Opening

To open the contacts a current impulse in the reverse polarity derived from the opening capacitors of the CM is injected in the coils of the magnetic actuators releasing the magnetic holding force. The compressed opening springs and contact pressure springs open the contacts. [1]

2 Protection

Protection elements for identification of particular fault types:

Short circuit fault (phase-to-phase and three-phase short circuits, single-phase and double-phase earth faults)

- Bolted Fault
- Sensitive Earth Fault
- Upstream broken wire
- Downstream broken wire
- Low System voltage

- Low System frequency
- Loss of Supply (for ring-line configuration)
- Automatic Backfeed Restoration (for ring-line configuration)
- Unique Source detector capable of source side identification under static and dynamic conditions such as motor start/stop and reverse reactive power flow
- Separate Bolted Fault detector which works independently of over-current elements and thus provides high flexibility in settings of overcurrent protection elements
- Auto-reclosing elements for under-voltage and under-frequency resilient to nuisance tripping
- Automatic Group Transfer of settings according to date/season
- Flexible Time Current Characteristics (TCC) providing user-friendly configuration of inverse curves and automatic configuration of upstream TCC for configured downstream TCC. [2]

The ring line recloser provides Loss of Supply and Automatic Backfeed Restoration functionality required for loop automation and self-healing schemes. The ring line recloser provides protection against the same faults as the radial line recloser. The ring line recloser has directional element to determine power flow direction. Ring line recloser has independently configurable sets of settings for direct and reverse power flow direction. [4]

The Rezip recloser is used to automate various networks where traditional time and current grading is impossible. Unlike a conventional recloser, the Rezip recloser can be used in ring and meshed networks and self-healing schemes. Any number of Rezip reclosers can be connected in series. [4]

Protection elements against short circuit, high impedance earth fault, low system voltage and low system frequency faults are provided with independent reclosing elements.

The ring line recloser is provided with a unique setting-free source detector. The source detector continuously detects the direction the power flows through the recloser main contacts. [4]

Reclosing elements as well as the Automatic Backfeed Restoration are controlled by the Voltage Reclosing Control (VRC). The VRC blocks auto-reclosing if power quality doesn't comply with customer requirements. [4]

Cold Load Pickup (CLP)

In some cases, when power supply is restored after prolonged outage, this results in greater than normal power demand. The main cause of this problem is the large number

of electric heaters, furnaces, refrigerators, air conditioners and other thermostat-controlled loads. Higher current is often seen by protection as short circuit or overload, that result in circuit breakers automatically tripping to protect the system from overload, and the power goes off again. The CLP element enables temporary increasing current pickup setting to sustain cold load current and avoid tripping without compromising protection sensitivity. This functionality is applicable for radial recloser as only in this case can the duration of power interruption for a group of customers be observed.

Source Detector (SD)

The source detector element has two main functions:

- Provides power flow direction to directional protection elements (ring operation mode);
- Provides source side information for loss of supply protection element.

Protection elements: AR OC, HL, AR SEF, VU, CU, AR UV, AR UF, AR OV, AR OF and ABR operation depends on the source side being identified. If power flows from „Source +“ side, then „Set +“ protection settings are active, if power flows from „Source -“ side, then „Set -“ protection settings are active. [4]

Bolted Fault (BF)

This element provides instantaneous tripping when bolted fault conditions are detected. As it deals both with positive sequence voltage and current it provides better sensitivity for bolted faults than conventional highset overcurrent elements. [4]

Phase Overcurrent (OC)

This element provides protection against overloads, phase-to-phase and three-phase short circuits.

OC protection consists of six (6) individual overcurrent elements providing three stages of protection for both the Forward (Source+) and Reverse (Source-) powerflow directions: OC1+, OC1-, OC2+, OC2-, OC3+, OC3- [4]

OC1

Phase overcurrent low set element OC1 is designated to provide time delayed trips. It is enabled in any selected sequence in the Overcurrent Reclosing element. „I“ (Instantaneous) stands for accelerated and „D“ (Delayed) for delayed step of overcurrent protection in an autoreclosing sequence. [4]

OC2

Phase overcurrent low set element OC2 is designated to provide accelerated trips. If a sequence step in the Overcurrent Reclosing Element is set OC2 element is disabled. If a sequence step in the Overcurrent Re-closing element is set OC2 element is enabled. [4]

OC3

Phase fault high set instantaneous element provides protection against phase high current faults with a reduced number of trips to lockout. If there is no intention to reduce the number of trips to lockout at high current faults, enabling this element is not recommended. OC1 and OC2 allow reduction of tripping time to any desired value at high currents.

Earth Fault (EF)

This element provides protection against single phase and double phase earth faults. EF protection consist of six (6) individual overcurrent protection elements providing three stages of protection for both the Direct (Source+) and Reverse powerflow (Source-) directions: EF1+, EF1-, EF2+, EF2-, EF3+, EF3- [4]

EF1

Earth fault low set element EF1 is designated to provide time delayed trips. It is enabled in any selected sequence in the Overcurrent Reclosing element. „I“ (Instantaneous) stands for accelerated and „D“ (Delayed) for delayed step of overcurrent protection in an autoreclosing sequence. [4]

EF2

Earth fault low set element EF2 is designated to provide accelerated trips. If a sequence step in the Overcurrent Reclosing Element is set „D“ EF2 element is disabled. If the sequence step in the Overcurrent Reclosing element is set „I“ EF2 element is enabled. [4]

EF3

Earth fault high set instantaneous element provides protection against high earth current faults with a reduced number of trips to lockout. If there is no intention to reduce the number of trips to lockout at high current faults, enabling this element is not recommended. EF1 and EF2 allow reduction of tripping time to any desired value at high currents. [4]

3 Calculation value OC

The short circuit is calculated with the help of ARM-SRZA software.

For example let's select feeder product SHFLU, in case recloser is installed on towers.

Calculation of settings:

$$I_a \geq OCLM \cdot I_{OP}$$

I_{OP} - current operation relay action, OCLM – coefficient starting situation or cold load, OCLM = 1, I_a - current on phase.

Current on phase is determined in program complex:

```
===== ARM-SRZA Novosibirsk PK BRIZ
=====
```

TASK- NETWORK-25.12.15.-16-00 DATE-09.05.2016. TIME-9:51:48. #3

THE RESULT OF THE CALCULATION

```
-----
411-414 IA 64 -37 IB 64 -157 IC 64 83
I1 64 -37 I2 0 0 3I0 0 0
UA 3.52 5 UB 3.52 -115 UC 3.52 125
U1 3.52 5 U2 0.00 0 3U0 0.00 0
```

From this it follows:

$$I_{OP} = I_a = 64, A.$$

Inrush filter

This allows filtering of magnetizing currents occurring at energizing transformers or distribution feeders with step-down-transformers.

In contrast to the widely used inrush restraint, which blocks the operation of protection for the period of inrush, the filter leaves all protection active and sensitive to faults for the whole period of line energizing.

The advantages are:

- This feature makes it possible to select the settings of current-based protection elements based on actual load and fault levels, not considering any side effects due to transformer load energizing;
- If, after maintenance closing or performing backfeed restoration for a faulty feeder part, the fault clearing time is significantly reduced as all protection elements operate correctly without any delays.

4 Calculation of AR OC value

Phase and Earth Overcurrent Reclosing AR OC

The AR OC element provides reclosing initiated by tripping of one of OC1, OC2, OC3, EF1, EF2 or EF3 elements.

The user set delay between trip and reclose is called „reclose time“ (T_r) and can be set independently for each trip in the sequence. If the fault is not cleared during „reclose time“, the recloser will trip again. This will repeat a number of times until the fault is cleared or the AR OC element reaches the end of the user defined reclose sequence. At this point the recloser remains open and will no longer reclose automatically. This is known as „lockout“ and the recloser can only be closed by local or remote operator command, which clears the lockout condition.

Required action:

1. Time to operate must be minimized:

$$t_{AR1} > t_{AFD}$$

$$t_{AR1} > t_{DT}$$

$$t_{AR1} > t_{RP}$$

$$t_{AR1} = t_{AFD} + t_{MF} = 0.2 + 0.3 = 0.7 \text{ s}$$

t_{AR1} - time to operate Phase and Earth Overcurrent Reclosing AR OC 1 setting,

t_{AFD} - availability factor , the drive or time availability drive in breaker,

t_{DT} - line deionization time,

t_{RP} - returning percentage,

t_{MF} - margin factor.

2. To be in constant readiness for action.

3. Auto-reset with time delay in shape for action, time reset select is:

- a. Don't act at non-successful reclosing:

$$t_{AR2} = t_{AR1} + t_{OB} + t_{AB} + t_{RP} + t_{MF} = 0.7 + 0.1 + 0.5 + 0.15 + 0.3 = 1.75 \text{ s}$$

t_{AR2} - time to operate Phase and Earth Overcurrent Reclosing AR OC 2 setting,

t_{OB} - breaker opening time,

t_{AB} - breaker activation time,

t_{RP} - time of the relay protection.

Conclusion

In the Kazanskoe deposit it is planned to install 35 reclosers. The above calculated value protection and automatics can be applied to all reclosers. Reclosers can be applied in radial or loop overhead distribution lines. The main applications are:

- Clearing transient faults by performing autoreclosing;
- Isolating sustained faults in the overhead line network;
- Isolating sustained faults in a network where conventional protection coordination is not possible;
- Automatic backfeed restoration.

The recloser can also be used at outdoor substations feeding overhead distribution lines. It may be used as:

- Substation outgoing feeder with autoreclosing functionality;
- Substation busbar coupler breaker with backfeed restoration capability;
- Substation switchgear incoming feeder breaker with overcurrent protection for busbar faults, undervoltage protection for backfeed restoration purposes and interfaces for transformer non-electrical protection.

Wide use of reclosers allows to reduce losses on additional substation and to reduce interruptions in power supply of consumers.

References:

1. Protective relays application guide, GEC Measurements, 1975, 228 p.
2. Technical manual OSM, Tavrida Electric, 2014, 172 p.
3. Calculation value in RPaA. Shabad, 1985, 297 p.
4. Product Guide Rec15/25. Automatic Circuit Recloser, 2016, 72 p.
5. Recloser allocation and placement for rural distribution systems. Qiu Qin, N. Eva Wu, Department of Electrical and Computer Engineering Binghamton University [scopus.com], 2015, 5p.